

This Page Is Inserted by IFW Operations
and is not a part of the Official Record

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

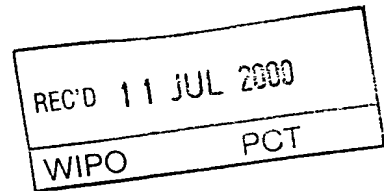
Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

**As rescanning documents *will not* correct images,
please do not report the images to the
Image Problem Mailbox.**

THIS PAGE BLANK (USPTO)



DE 00/01175

EJ4

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung
einer Patentanmeldung**

Aktenzeichen: 199 29 673.1

Anmeldetag: 28. Juni 1999

Anmelder/Inhaber: Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

Bezeichnung: Einrichtung zur Detektion von
Polarisationsmodendispersion

IPC: H 04 L und H 04 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Anmeldung.

München, den 27. Juni 2000
Deutsches Patent- und Markenamt
Der Präsident
Im Auftrag

**PRIORITY
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

Hoß

Beschreibung

Einrichtung zur Detektion von Polarisationsmodendispersion

- 5 Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Detektion von Polarisationsmodendispersion eines optischen Datensignals gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

10 In der optischen Übertragungstechnik werden lange Lichtwellenleiter-Übertragungsstrecken eingesetzt. Die Lichtwellenleiter sind herstellungsbedingt nicht vollständig isotrop, sondern schwach doppelbrechend. Wegen der langen Übertragungsstrecke ergibt sich eine frequenzabhängige Polarisations-
15 stransformation - Polarisationsmodendispersion oder Polarisationsdispersion genannt, abgekürzt PMD. Diese führt durch Änderung der Polarisation des optischen Signals als Funktion der optischen Frequenz und - verbunden damit - unterschiedlichen frequenzabhängigen Laufzeiten zur Verbreiterung gesendeter Impulse, wodurch empfangsseitig deren Erkennbarkeit reduziert
20 und dadurch die übertragene Datenrate begrenzt wird. Als „principal states-of-polarization“, im folgenden PSP oder Hauptpolarisationen, werden diejenigen beiden zueinander orthogonalen Polarisationen genannt, die sich bei Änderung der optischen Frequenz in erster Näherung nicht ändern. In polarisationserhaltenden Lichtwellenleitern fallen die Hauptpolarisationen mit den Hauptachsen zusammen, sind also horizontal und vertikal. Im allgemeinen sind die Hauptpolarisationen aber beliebige orthogonale Paare elliptischer Polarisationen. Die Hauptpolarisationen besitzen verschiedene Gruppenlaufzeiten, deren Differenz als „differential group delay“, im folgenden DGD oder differentielle Gruppenlaufzeit, bezeichnet
30 wird. Wird ein optisches Signal mit einer Hauptpolarisation übertragen, so findet in Näherung erster Ordnung keine Impulsverbreiterung statt. Wird es mit einer Polarisation übertragen, die bei Aufteilung nach den beiden Hauptpolarisationen dort gleichen Leistungsanteilen entspricht, kommt es zu
35

In Proceedings OEC 94, 14e-12, Seiten 258 bis 259, Makuhari Messe, Japan 1994 wird ein anderes Verfahren verwendet, bei dem die Leistung des Differenzsignals zwischen Entscheidungsausgang und Entscheidungseingang ausgewertet wird. Insbesondere bei starken PMD-Verzerrungen, in denen die DGD die Bitdauer überschreitet, kann es aber zu falschen Entscheidungen kommen, so daß das gewonnene Signal in solchen Fällen ein ungeeignetes Kriterium für das Vorliegen von PMD-Verzerrungen ist.

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, einen zuverlässigen Detektor auch für größere Werte der differentiellen Gruppenlaufzeit anzugeben, welcher auf einfache Weise integriert werden kann und anders als Bandpaßfilter keinen intrinsischen Verzerrungen durch Gruppenlaufzeitverzerrungen unterworfen ist.

Die Aufgabe wird durch eine Einrichtung zur Detektion von Polarisationsmodendispersion gemäß Anspruch 1 gelöst.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

Erfindungsgemäß werden Exklusiv-Oder-Gatter (EXOR) oder Multiplizierer eingesetzt, mit deren Hilfe wesentliche Teile der Autokorrelationsfunktion des im elektrischen Teil eines optischen Empfängers vorliegenden Basisbandsignals bestimmt werden. Der besondere Vorteil der Erfindung liegt darin, daß EXOR-Gatter einfach monolithisch integriert werden können.

Mit EXOR-Gattern, welche durch Laufzeitleitungen getrennt sind, ergeben sich die Autokorrelationsfunktionswerte bei unterschiedlichen Zeitverzögerungen.

In einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel werden zwei in entgegengesetzter Richtung zu durchlaufende Laufzeitleitungen

Statt EXOR-Gattern eignen sich auch alle beliebigen anderen Multiplizierschaltungen. Besonders als EXOR-Gatter/Multiplizierer geeignet sind Gilbert-Multiplizier. Eine geeignete Schaltung, hier mit Feldeffekttransistoren, ist beispielsweise in Electronics Letters, 15. August 1991, Band 27, No. 17, Seiten 1529 bis 1532 dargestellt, und zwar in der dortigen Fig. 3.

Die Anzapfungen sind auf einer der Leitungen (LZ1) nach steigendem, auf der anderen Leitung (LZ2) nach fallendem Index j geordnet. Dies führt dazu, daß die Laufzeitdifferenz zwischen den Signalen an den Eingängen eines EXOR-Gatters EX j sich mit steigendem Index j monoton ändert. Sind die Leitungslängen zwischen allen benachbarten Anzapfungen jeweils einer Leitung gleich groß, so ergeben sich äquidistante, sich gemäß Index j monoton ändernden Laufzeitdifferenzen. An die Ausgänge der EXOR-Gatter EX j sind jeweils Tiefpaßfilter LP j ($j = 1 \dots n$) angeschlossen. Statt Tiefpaßfiltern eignen sich auch andere zur Mittelwertbildung verwendbare Schaltungen wie z.B. Integratoren, welche über eine definierte Zeitdauer integrieren. Solche werden auch als „Integrate-and-Dump“-Schaltungen bezeichnet. Die Ausgangssignale der Tiefpaßfilter geben die bei verschiedenen Laufzeitdifferenzen gemessenen Werte der Autokorrelationsfunktion des elektrischen Signals BB an.

Um die Verluste an den Anzapfungen A1 j , A2 j auszugleichen, Mehrfachreflexionen auf den Laufzeitleitungen LZ1, LZ2 zu unterdrücken und eine größere Signallaufzeit bei gegebenen Ausmaßen zu erzielen, können in die Laufzeitleitungen LZ1, LZ2 Pufferverstärker V1 j , V2 j ($j = 1 \dots n$) eingefügt werden. Sie sind jedoch nicht unbedingt erforderlich.

Da symmetrische Schaltungstechnik mit differentiellen Eingängen und Gegentakt-Ausgängen zahlreiche Vorteile bietet, ist es günstig, diese auch hier anzuwenden. Beispielsweise können Verstärker V, Leistungsteiler LTE, Laufzeitleitungen LZ1, LZ2, Pufferverstärker V1 k , V2 k , Anzapfungen A1 j , A2 j , Ab-

tisch und besitzen den Wert DT_1 . Zwischen jeweils benachbarten Anzapfungspunkten $A_2(k+1)$ und A_2k ($k = 1 \dots n-1$) seien die Signallaufzeiten identisch und besitzen den Wert DT_2 . Da die Laufzeitleitungen LZ_1, LZ_2 im Bereich der EXOR-Gatter in entgegengesetzten Richtungen durchlaufen werden, ergibt sich an den Ausgängen der übrigen Tiefpaßfilter $LP_2 \dots LP_n$ jeweils der Wert $AKF_2, AKF_3, \dots AKF_n$ der Autokorrelationsfunktion des Basisbandsignals BB bei Verzögerungen $DT, 2*DT, \dots, (n-1)*DT$, wobei gilt $DT = DT_1 + DT_2$. Zur Minimierung der Chipfläche ist es vorteilhaft, $DT_1 = DT_2$ zu wählen. Es ist weiterhin günstig, DT gleich einer oder kürzer als eine Symboldauer T des Basisbandsignals BB zu wählen. Im Fall der meist verwendeten Binärsignale ist eine Symboldauer T gleich einer Bitdauer. Da die Autokorrelationsfunktion eines reellen Signals gerade Symmetrie besitzt, kann auf die Messung von Werten der Autokorrelationsfunktion mit entgegengesetzten Verzögerungen verzichtet werden. Die maximale Verzögerung $(n-1)*DT$ sollte nach Möglichkeit wenigstens ebenso groß wie die Summe von einer durch PMD verursachten differentiellen Gruppenlaufzeit der optischen Übertragungsstrecke und der vom PMD-Kompensator PMDC erzeugten differentiellen Gruppenlaufzeit sein.

Die Ausgänge der Tiefpaßfilter LP_j sind einem Regler R zugeführt. Hier liegt also eine durch Werte $AKF_1 \dots AKF_n$ abgetastete Autokorrelationsfunktion AKF vor. Wenn PMD vorliegt und nicht entzernt ist, ist der Wert AKF_1 oft geringer als der maximal mögliche Wert und die Werte $AKF_2 \dots AKF_n$ sind auch dann, wenn sie Verzögerungen $DT \dots (n-1)*DT$ größer als einer Symboldauer T des Basisbandsignals entsprechen, von Null verschieden. Eine solche, schlechte Autokorrelationsfunktion $AKFBAD$ zeigt **Figur 2**. Gezeigt ist nur eine Hälfte der Autokorrelationsfunktion, da diese ja symmetrisch ist, so daß sich Messung der anderen Hälfte erübrigt.

Der Regler R regelt die Steuersignale $SPMDC$ des PMD-Kompensators PMDC so ein, daß die Autokorrelationsfunktion

Zeitverzögerung DT_1 seien in Figur 3 ebenso wie in Figur 1 definiert. Zwischen jeweils benachbarten Anzapfungspunkten A_{2k} und $A_{2(k+1)}$ ($k = 1 \dots n-1$) der Figur 3 seien die Signallaufzeiten identisch und besitzen den Wert DT_3 . Die Laufzeitdifferenzen zwischen den Eingängen aufeinanderfolgender Korrelatoren sind daher $0, DT, 2*DT \dots (n-1)*DT$, wobei DT hier den Wert $DT = DT_1 - DT_3$ besitzt. Um unterschiedliche DT_1, DT_3 zu erzielen, sind Umwegleitungen U_m ($m = 2 \dots n$) vorgesehen.

10 Statt angezapfter Laufzeitleitungen LZ_1, LZ_2 können auch mehrere unterschiedlich lange Laufzeitleitungen LZ_{1j}, LZ_{2j} ($j = 1 \dots n$) verwendet werden. Dazu muß der Leistungsteiler LTE entsprechend viele Ausgänge aufweisen. Ein geeignetes Ausführungsbeispiel mit $n=4$ ist in **Figur 4** skizziert. Die Laufzeitleitungen LZ_{1j}, LZ_{2j} enden in denjenigen Punkten A_{1j}, A_{2j} ,
15 welche mit den EXOR-Gatter-Eingängen verbunden sind und in Figuren 1 und 2 die Anzapfungspunkte waren. Die Laufzeitdifferenzen zwischen den Punktpaaren $(A_{11}, A_{21}), (A_{12}, A_{22}), (A_{13}, A_{23}), (A_{14}, A_{24})$ sind $0, DT, 2*DT$ bzw. $3*DT$ mit $DT =$
20 $DT_1 + DT_2$.

In **Figur 5** ist ein Teil eines Ausführungsbeispiel mit nur einer Laufzeitleitung LZ_1 gezeichnet. Die Punkte A_{1j} , welche mit jeweils einem EXOR-Gatter-Eingang verbunden sind, sind
25 entlang der Laufzeitleitung LZ_1 aufgereiht. Die Punkte A_{2j} , welche mit jeweils dem anderen EXOR-Gatter-Eingang verbunden sind, fallen alle zusammen und sind mit dem Punkt A_{11} identisch. Auf diese Weise werden Laufzeitdifferenzen $0, DT, 2*DT \dots (n-1)*DT$ zwischen den EXOR-Gatter-Eingängen erzielt.

30

Um eine optimal niedrige Bitfehlerquote zu erreichen, ist es zweckmäßig, ein Maß dieser Bitfehlerquote dem Regler R zugänglich zu machen. Dies ist auf einfache Weise möglich, wenn ein elektrischer Regenerator REG vorgesehen ist. Auch in Fäl-
35 len, in denen Leistungsteiler LT und optischer Ausgang OUT des entzerrten optischen Signals vorhanden sind, kann es deshalb zweckmäßig sein, Regenerator REG vorzusehen. In **Figur 6**

vornimmt, adaptiv zu modifizieren. Beispielsweise könnte ein leicht negativer Wert AKF3 günstiger sein als der Wert Null. Diese adaptive Betriebsform erscheint besonders günstig, um Exemplarstreuungen, Temperaturschwankungen, Auftreten nicht linearer Effekte usw. tolerierbar zu machen. Der große Vorteil dieser Ausführungsformen besteht darin, daß durch die gemessenen Werte der Autokorrelationsfunktion bereits eine rasche PMD-Kompensation möglich ist und für die Feineinstellung und die Einstellung der Übertragungsfunktion des Filters ausreichend Zeit zur Verfügung steht.

Insbesondere in Fällen, in denen es auf ein schnelles Einstellen des PMD-Kompensators PMDC nicht ankommt, ist aber auch die Verwendung nur eines Fehlersignals FS möglich. Dabei können elektrischer Leistungsteiler LTE und Autokorrelationseinheit AKE und Tiefpaßfilter LPj entfallen.

(EX_j) eine Zuordnung aufweisen, in gleicher Richtung durchlaufen werden, so daß sich die zwischen benachbarten Multiplizierern (EX_k und EX_(k+1); $k = 1 \dots n-1$) auftretenden Verzögerungen (DT₁, DT₃) sich zu einer Verzögerungsdifferenz ($DT = DT_1 - DT_3$) zwischen diesen Multiplizierern subtrahieren.

5. Einrichtung nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß mehrere unterschiedlich lange Laufzeitleitungen (LZ_{1j}, LZ_{2j}; $j = 1 \dots n$) vorgesehen sind, an deren Enden (A_{1j}, A_{2j}; $j = 1 \dots n$) die Eingänge von Multiplizierern (EX_j) angeschlossen sind.
6. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 5,
dadurch gekennzeichnet,
daß eine Umwegleitung (U_m; $m = 2 \dots n$) oder ein Pufferverstärker (V_{1j}, V_{2j}; $j = 1 \dots n$) in einer Laufzeitleitung (LZ₁, LZ₂, LZ_{1j}, LZ_{2j}; $j = 1 \dots n$) vorgesehen ist.
7. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 6,
dadurch gekennzeichnet,
daß auftretende Verzögerungen (0, DT, 2*DT, ... (n-1)*DT) äquidistant sind mit konstanter Verzögerungsdifferenz (DT).
8. Einrichtung nach einem der Ansprüche 2 bis 7,
dadurch gekennzeichnet,
daß eine Verzögerungsdifferenz (DT) wenigstens näherungsweise gleich einer Symboldauer (T) des Basisbandsignals (BB) ist.
9. Einrichtung nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
dadurch gekennzeichnet,
daß ein Regler (R) zur Steuerung eines PMD-Kompensators (PMDC) vorgesehen ist.

Zusammenfassung

Einrichtung zur Detektion von Polarisationsmodendispersion

- 5 Einrichtung zur Detektion von Polarisationsmodendispersion
eines optischen Datensignals (OS), die mindestens ein EXOR-
Gatter (EXj; $j = 1 \dots n$) samt Mittelungseinrichtung (LPj; j
= 1 ... n) zur Messung mindestens eines Werts (AKFj; $j = 1$
... n) der Autokorrelationsfunktion eines durch Polarisati-
10 onsmodendispersion verzerrten Basisbandsignals (BB) aufweist.

Figur 1

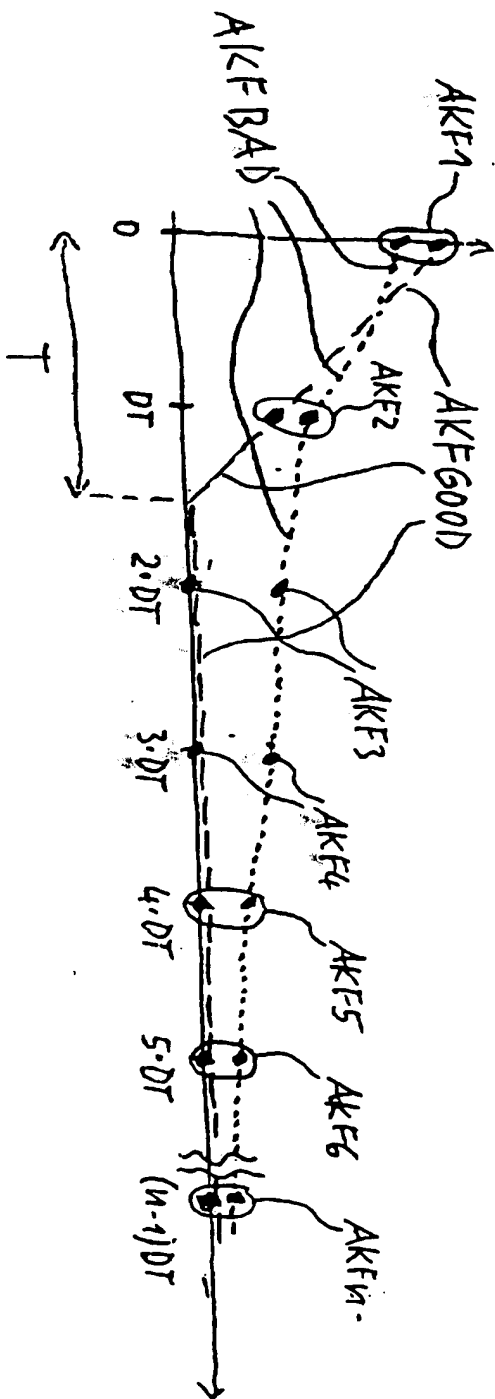


FIG. 2

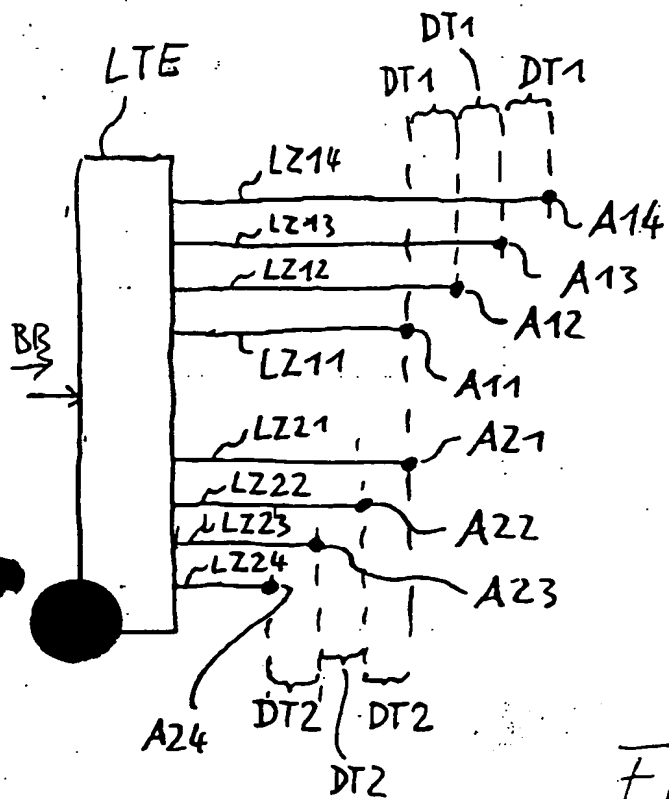


FIG. 4

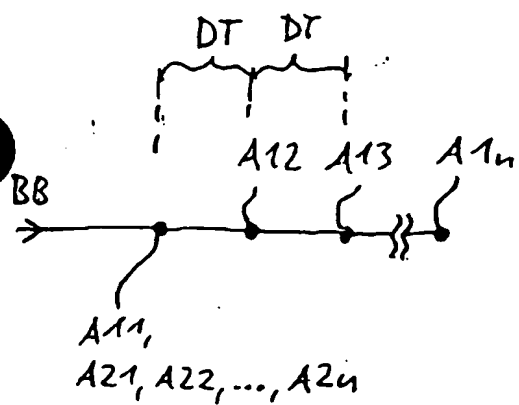


FIG. 5

This Page Blank (uspto)